

```
In [1]: # ANOVA Monofactorial con bloques.
```

```
# 1. Carga inicial de datos.
```

```
if(!require(psych)){install.packages("psych")}
if(!require(FSA)){install.packages("FSA")}
if(!require(ggplot2)){install.packages("ggplot2")}
if(!require(car)){install.packages("car")}
if(!require(multcompView)){install.packages("multcompView")}
if(!require(lsmmeans)){install.packages("lsmmeans")}
if(!require(rcompanion)){install.packages("rcompanion")}
```

```
ln <- ("
```

Algoritmo	Computadora	Tiempo
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	12976
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	14854
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13627
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	9850
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	14466
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	11598
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13184
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13096
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	14895
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	15986
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	12327
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	11168
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	9913
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	11698
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	16033
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13763
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	10237
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13208
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	15407
'Algoritmo A'	'Computadora 1'	13587
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9033
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11253
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11842
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9018
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11091
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11143
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12429
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12456
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12250
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	13449
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11872
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	10463
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9311
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9677
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	12941
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11260
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	9269
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	13926
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	14670
'Algoritmo A'	'Computadora 2'	11988
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11080
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12089
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12538
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	10571
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12010
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12598
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	13543
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	13547
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	13217
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	15297
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12210
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11299
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	10067
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11279
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	14006
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12099
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	11581
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	14012
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	15069
'Algoritmo B'	'Computadora 1'	12000

```

'Algoritmo B' 'Computadora 2' 12000
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 14011
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13508
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 9506
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 14005
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 11514
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13001
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13220
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 14211
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 15016
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 12504
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 11501
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 9506
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 11514
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 16005
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13018
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 10503
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13015
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 17000
'Algoritmo B' 'Computadora 2' 13020
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9148
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11247
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11571
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9212
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11355
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11848
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12171
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12360
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12053
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 13219
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11642
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 10918
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9223
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9574
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 12245
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11781
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 9588
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 13093
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 14155
'Algoritmo C' 'Computadora 1' 11309
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 12511
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 14375
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13546
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 9962
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 14273
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 11515
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13556
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13121
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 14205
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 15424
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 12778
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 11096
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 9364
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 11521
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 16367
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13060
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 10991
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13048
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 15078
'Algoritmo C' 'Computadora 2' 13443"
)

```

Se introduce La tabla.

```
Data <- read.table(textConnection(ln), header=TRUE)
```

Se ordenan Los datos según Los ingresamos. (Evitar orden alfabético por R).

```
Data$Algoritmo <- factor(Data$Algoritmo, levels = unique(Data$Algoritmo))
```

```
Data$Computadora <- factor(Data$Computadora, levels = unique(Data$Computadora))
```

Se elimina Computadora 1 de Los datos.

```
Data <- Data[Data$Computadora != "Computadora 1", ]
```

2. Verificación de La Lectura de datos.

```
library(psych)
```

```

headTail(Data)
str(Data)
summary(Data)
rm(ln)

# 3. Resumen organizado.

# Se agrega para que la tabla aparezca como en clase.
Summarize(Tiempo ~ Algoritmo, data = Data, digits = 3)

# 4. Diagrama de cajas

M <- tapply(Data$Tiempo, INDEX = Data$Algoritmo, FUN = mean)
boxplot(Tiempo ~ Algoritmo, data = Data)
points(M, col = "red", pch = "+", cex = 2)

# Comentario: Al traslaparse las cajas no se puede concluir aún que haya diferencia estadística entre los grupos.
# Por ahora se puede notar que la caja para el algoritmo A está ligeramente más abajo que las otras dos.

# 5. Información de promedios e intervalos de confianza.

Sum <- groupwiseMean(Tiempo ~ Algoritmo, data = Data, conf = 0.95, digits = 3, traditional = FALSE, percentiles = 2.5, 97.5)

# 6. Gráficos de promedios e intervalos de confianza.

library(ggplot2)
ggplot(Sum,
       aes(x = Algoritmo, y = Mean)) +
  geom_errorbar(aes(ymin = Percentile.lower,
                    ymax = Percentile.upper),
                width = 0.05, size = 0.5) +
  geom_point(shape = 15,
             size = 4) +
  theme_bw() +
  theme(axis.title = element_text(face = "bold")) +
  ylab("Tiempo promedio, s")

# Al observar los intervalos de confianza, se resalta aún más la diferencia entre el algoritmo A con respecto a los otros dos, pero aún así, su intervalo de confianza se traslapa levemente, por lo que se procede a realizar la prueba estadística.

# 7. Modelo lineal.

model <- lm(Tiempo ~ Algoritmo, data = Data)
summary(model)

# There is a statistically significant relationship between the predictor variable and the response variable.
# El p-value en este caso es bajo 0.01736, lo que sugiere que los factores impactan la variable de respuesta.

# 8. ANOVA.

library(car)
Anova(model, type = "II")

# La prueba ANOVA pasa con un nivel de significancia de 0.05. Se procede a realizar la prueba post-hoc.

# 9. Histograma de residuos.

x <- residuals(model)
library(rcompanion)
plotNormalHistogram(x)
plot(fitted(model), residuals(model))
plot(model)

# Datos presentan normalidad y homocedasticidad.

# 10. Análisis post-hoc

library(multcompView)
library(lsmeans)
marginal <- lsmeans(model, ~ Algoritmo)
pairs(marginal, adjust = "tukey")

# Función cld

```

```

library(multcomp)
CLD <- cld(marginal, alpha = 0.05, Letters = letters, adjust = "tukey")
CLD

# El análisis post-hoc indica que el Algoritmo A es estadísticamente distinto a los algoritmos B y C.

# Gráfico promedios, intervalos de confianza y letras de separación
CLD$Algoritmo <- factor(CLD$Algoritmo, levels = c("Algoritmo A", "Algoritmo B", "Algoritmo C"))
CLD$.group <- gsub(" ", "", CLD$.group)

svg("final-ic-1.svg")
library(ggplot2)
ggplot(CLD,
  aes( x = Algoritmo,
        y = lsmean,
        label = .group)) +
  geom_point(shape = 15, size = 4) +
  geom_errorbar(aes(ymin = lower.CL,
                    ymax = upper.CL),
                width = 0.2,
                size = 0.7) +

  theme_bw() +
  theme(axis.title = element_text(face = "bold"),
        axis.text = element_text(face = "bold"),
        plot.caption = element_text(hjust = 0)) +

  ylab("Promedio del mínimo cuadrado \n
        Tiempo de ejecución") +

  geom_text(nudge_x = c(0,0,0),
            nudge_y = c(1100, 1100, 1100),
            color = "black")
dev.off()

```

Loading required package: psych

Loading required package: FSA

FSA v0.9.4. See citation('FSA') if used in publication.
Run fishR() for related website and fishR('IFAR') for related book.

Attaching package: 'FSA'

The following object is masked from 'package:psych':

headtail

Loading required package: ggplot2

Attaching package: 'ggplot2'

The following objects are masked from 'package:psych':

%+%, alpha

Loading required package: car

Loading required package: carData

Registered S3 methods overwritten by 'car':

method	from
hist.boot	FSA
confint.boot	FSA

Attaching package: 'car'

The following object is masked from 'package:FSA':

bootCase

The following object is masked from 'package:psych':

logit

Loading required package: multcompView

Loading required package: lsmeans

Loading required package: emmeans

The 'lsmeans' package is now basically a front end for 'emmeans'.
Users are encouraged to switch the rest of the way.
See help('transition') for more information, including how to
convert old 'lsmeans' objects and scripts to work with 'emmeans'.

Loading required package: rcompanion

Attaching package: 'rcompanion'

The following object is masked from 'package:psych':

phi

A data.frame: 9 × 3

	Algoritmo	Computadora	Tiempo
	<fct>	<fct>	<chr>
21	Algoritmo A	Computadora 2	9033
22	Algoritmo A	Computadora 2	11253
23	Algoritmo A	Computadora 2	11842
24	Algoritmo A	Computadora 2	9018
...	NA	NA	...
117	Algoritmo C	Computadora 2	10991
118	Algoritmo C	Computadora 2	13048
119	Algoritmo C	Computadora 2	15078
120	Algoritmo C	Computadora 2	13443

```
'data.frame': 60 obs. of 3 variables:
 $ Algoritmo : Factor w/ 3 levels "Algoritmo A",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Computadora: Factor w/ 2 levels "Computadora 1",...: 2 2 2 2 2 2 2 2 2 ...
 $ Tiempo     : int  9033 11253 11842 9018 11091 11143 12429 12456 12250 13449 ...

      Algoritmo      Computadora      Tiempo
Algoritmo A:20      Computadora 1: 0      Min.   : 9018
Algoritmo B:20      Computadora 2:60      1st Qu.:11226
Algoritmo C:20                               Median :12508
                                              Mean   :12436
                                              3rd Qu.:13548
                                              Max.   :17000
```

A data.frame: 3 × 9

Algoritmo	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
<fct>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Algoritmo A	20	11467.05	1645.540	9018	10266.5	11551.0	12435.75	14670
Algoritmo B	20	12878.90	1935.371	9506	11514.0	13016.5	14006.50	17000
Algoritmo C	20	12961.70	1807.597	9364	11519.5	13090.5	14222.00	16367

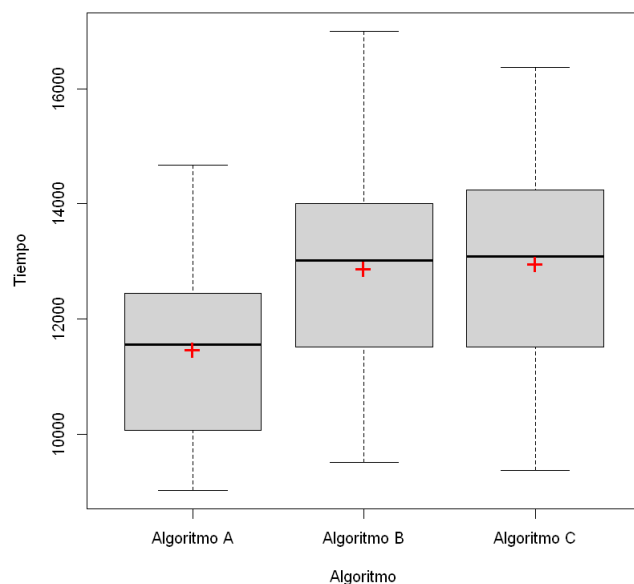
A data.frame: 3 × 6

Algoritmo	n	Mean	Conf.level	Percentile.lower	Percentile.upper
<fct>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Algoritmo A	20	11500	0.95	10800	12200
Algoritmo B	20	12900	0.95	12100	13700
Algoritmo C	20	13000	0.95	12200	13700

Warning message:

"Using `size` aesthetic for lines was deprecated in ggplot2 3.4.0.

i Please use `linewidth` instead."



Call:
lm(formula = Tiempo ~ Algoritmo, data = Data)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-3597.7	-1368.2	137.6	1127.6	4121.1

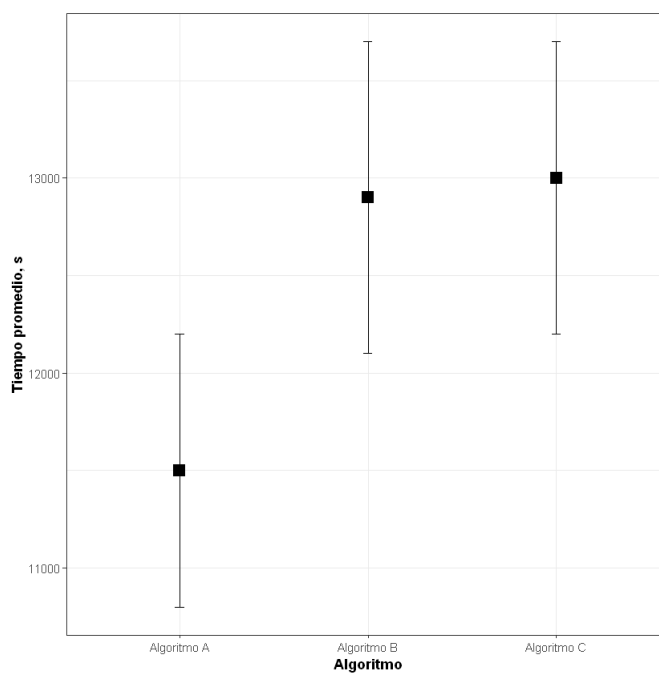
Coefficients:

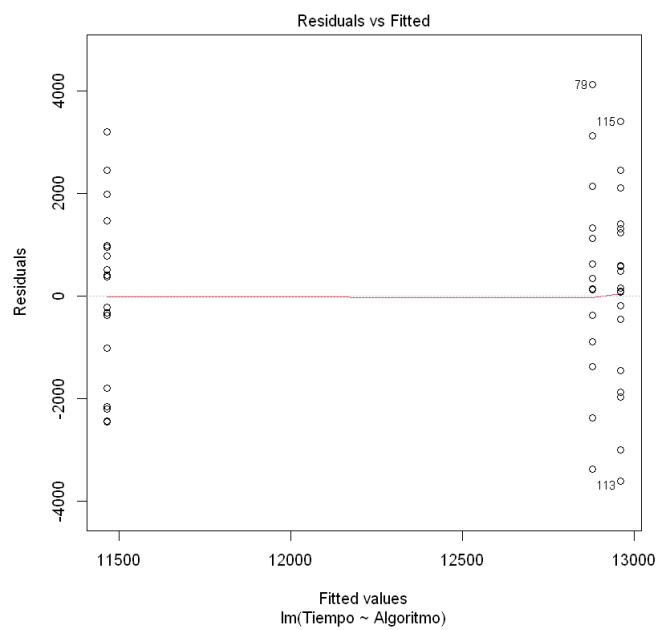
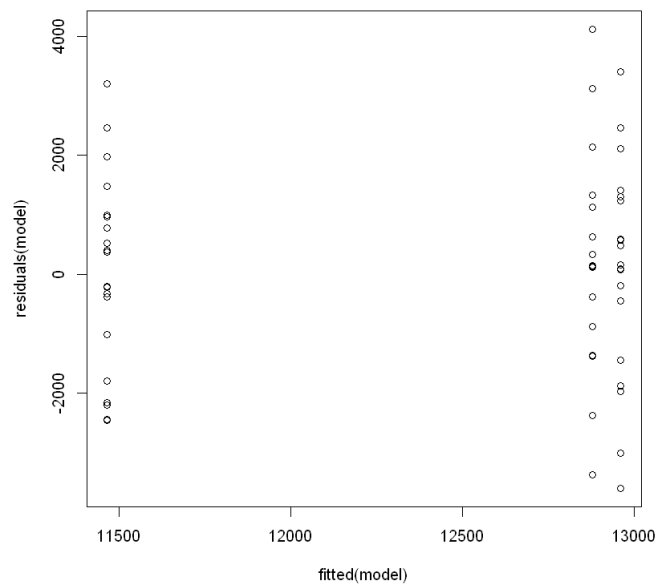
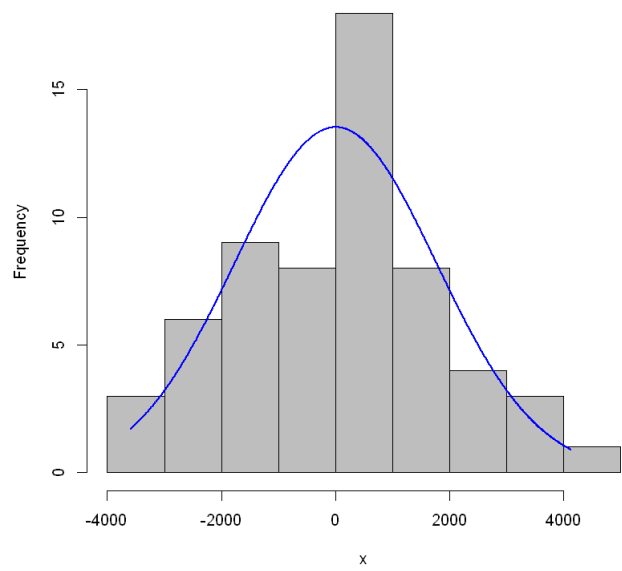
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	11467.0	402.5	28.489	<2e-16 ***
AlgoritmoAlgoritmo B	1411.9	569.2	2.480	0.0161 *
AlgoritmoAlgoritmo C	1494.7	569.2	2.626	0.0111 *

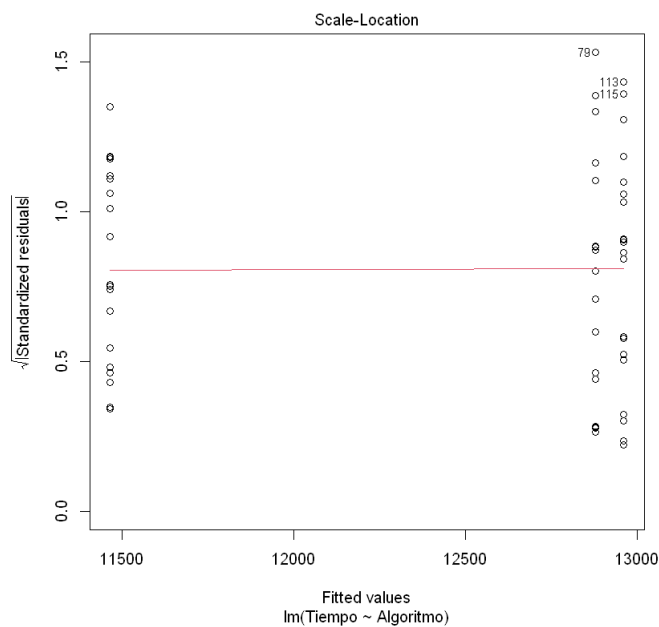
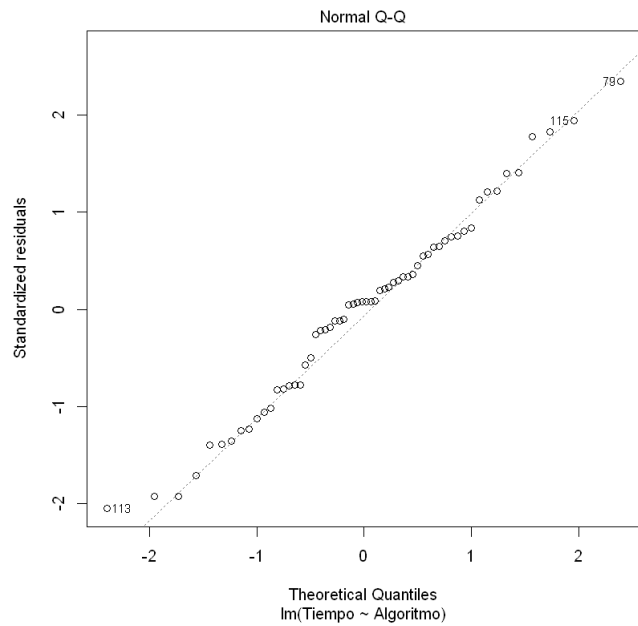
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1800 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1326, Adjusted R-squared: 0.1021
F-statistic: 4.356 on 2 and 57 DF, p-value: 0.01736
A anova: 2 × 4

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Algoritmo	28227699	2	4.355736	0.01736437
Residuals	184696537	57	NA	NA







contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
Algoritmo A - Algoritmo B	-1411.8	569	57	-2.480	0.0420
Algoritmo A - Algoritmo C	-1494.7	569	57	-2.626	0.0294
Algoritmo B - Algoritmo C	-82.8	569	57	-0.145	0.9884

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Loading required package: mvtnorm

Loading required package: survival

Loading required package: TH.data

Loading required package: MASS

Attaching package: 'TH.data'

The following object is masked from 'package:MASS':

geyser

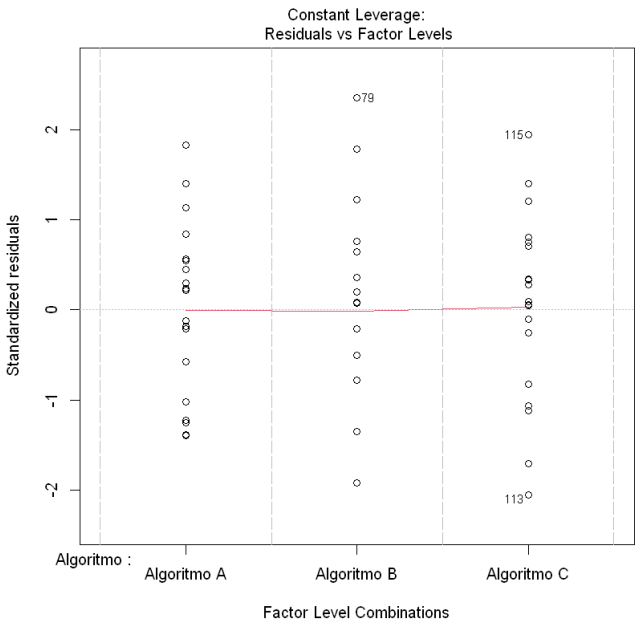
Note: adjust = "tukey" was changed to "sidak"

because "tukey" is only appropriate for one set of pairwise comparisons

A summary_emm: 3 × 7

	Algoritmo	lsmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
	<fct>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>
1	Algoritmo A	11467.05	402.5103	57	10476.90	12457.20	a
2	Algoritmo B	12878.90	402.5103	57	11888.75	13869.05	b
3	Algoritmo C	12961.70	402.5103	57	11971.55	13951.85	b

png: 2



In []: